



# Realtime Publish/Subscribe für Cyber-Physische-Systeme

KSWS AVA / Projekt AVA / NEIdI VHR

Dr.-Ing. Peter Danielis

Verteiltes Hochleistungrechnen (VHR)

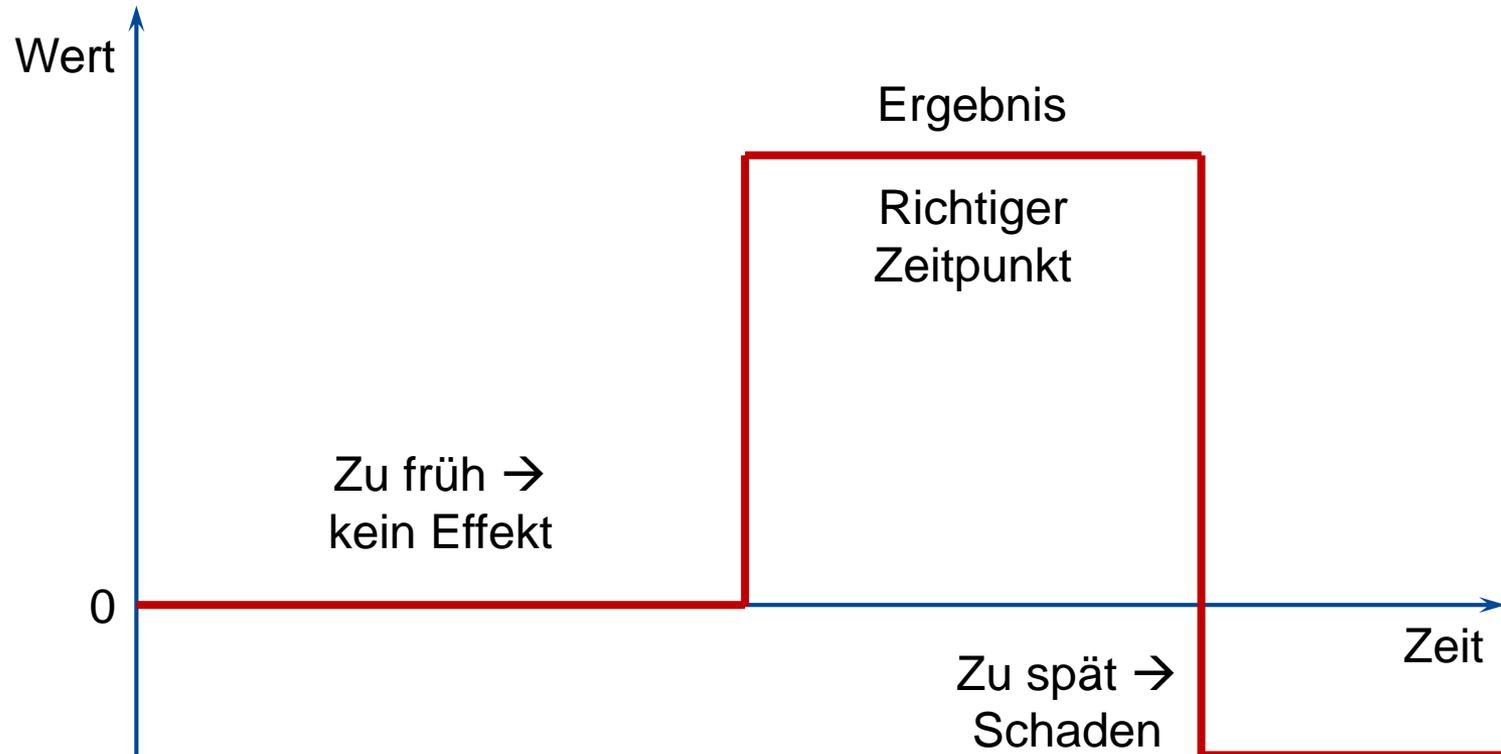
Dr.-Ing. Helge Parzyjgla

Architektur von Anwendungssystemen (AVA)

M.Sc. Eike Björn Schweißguth

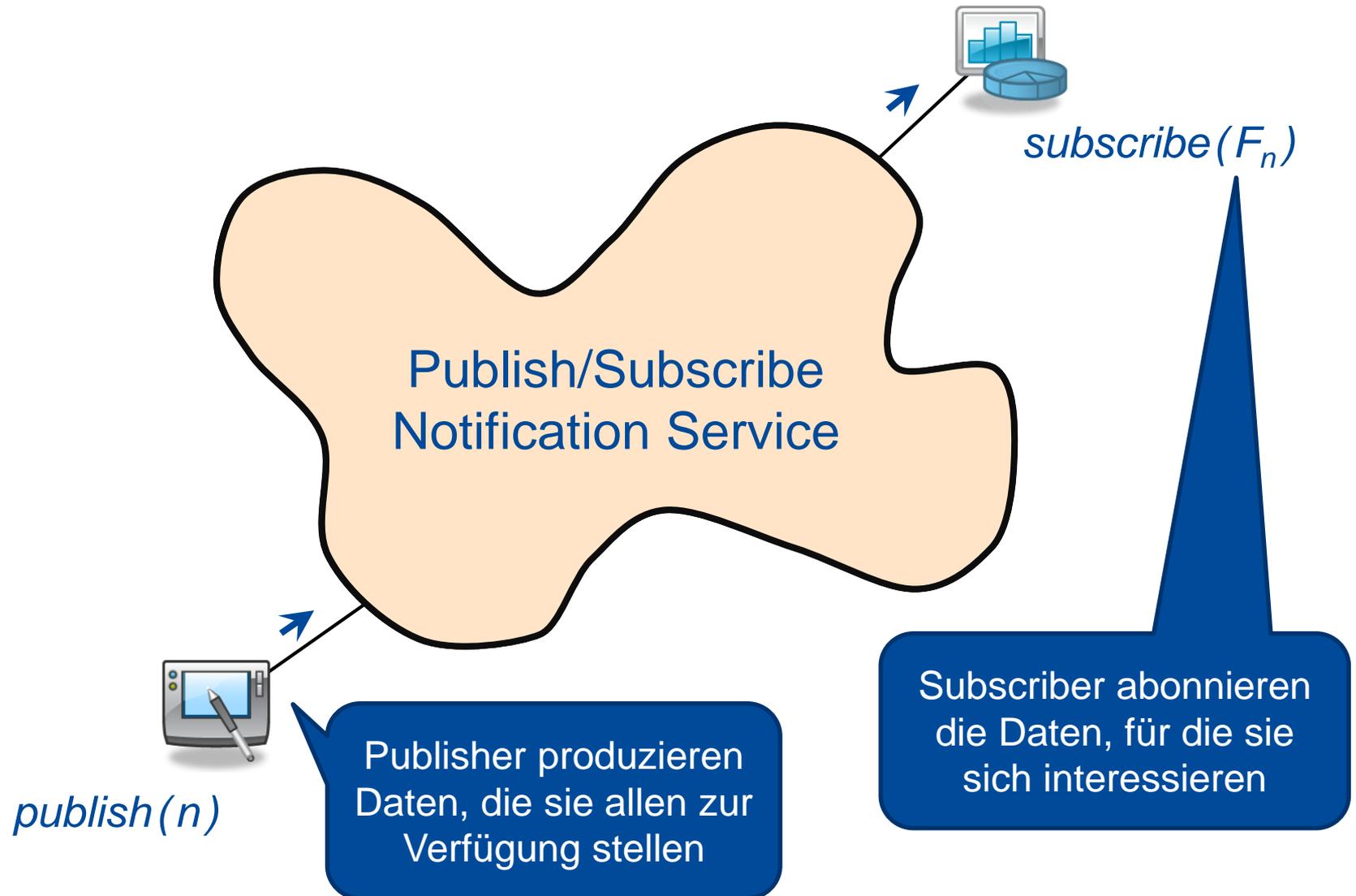
Institut für Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik (IMD)

# Was bedeutet Realtime/Echtzeit?

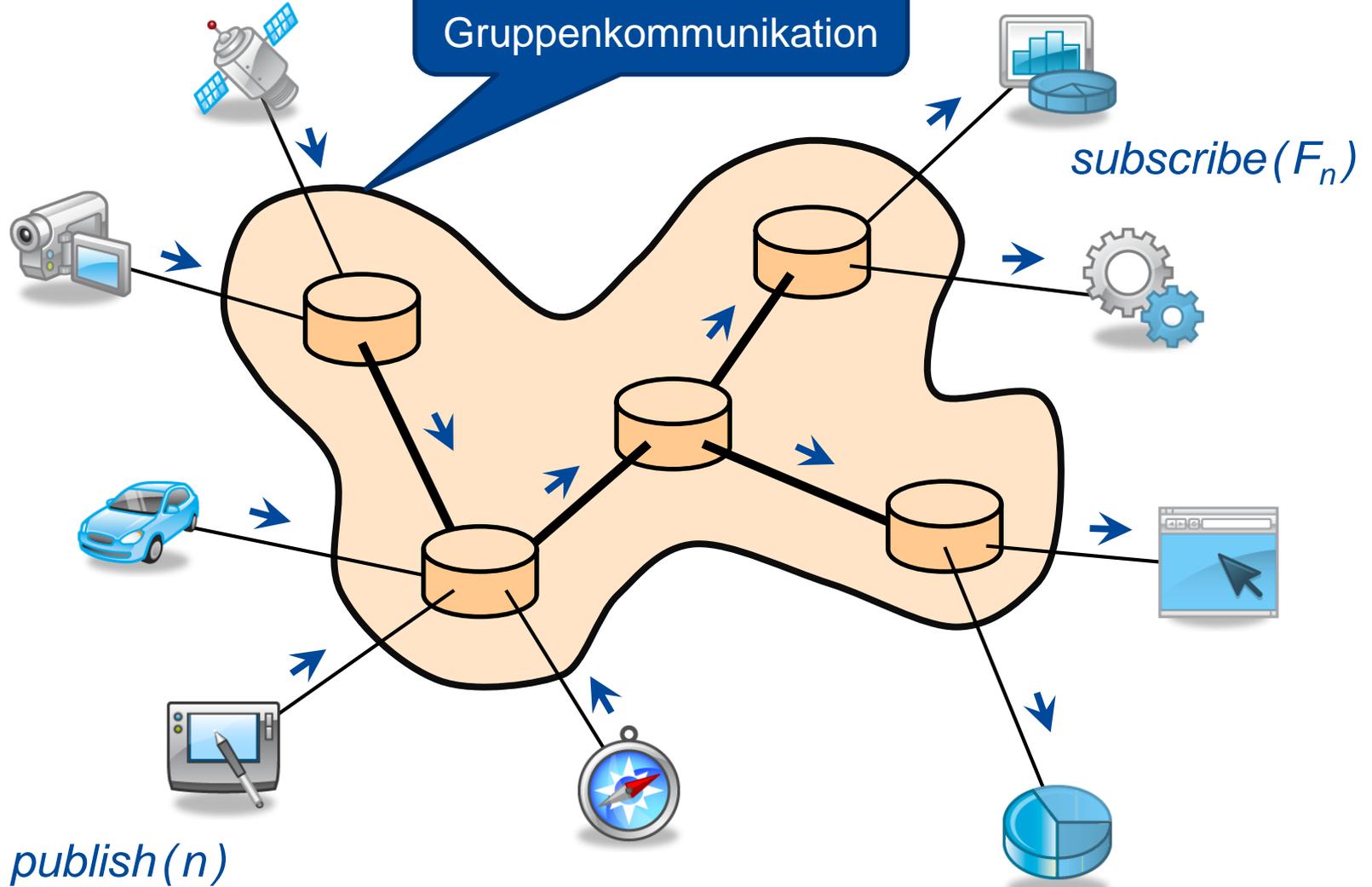


Nicht notwendigerweise schnell, sondern **vorhersagbar!**  
→ Das **Richtige** zum **richtigen Zeitpunkt** tun.

# Was ist Publish/Subscribe?



Skalierbare  $m:n$ -  
Gruppenkommunikation



# Was sind Cyber-Physische Systeme?

- > Systeme bestehend aus Software-Komponenten und mechanischen bzw. elektronischen Teilen verbunden über ein Kommunikationsnetz
- > Wirken auf die reale, physische Welt ein
  - unterliegen physikalischen Gesetzen
  - haben zeitliche Anforderungen (Echtzeit)
- > Beispiele
  - > Industrieroboter
    - > Fertigungsstraße in der Smart Factory
    - > Rekonfigurierbare Produktionszelle einer Smart Factor
  - > Moderne (autonome) Fahrzeuge
    - > Steer/Fly-By-Wire
    - > Autopilotfunktionen jeglicher Art

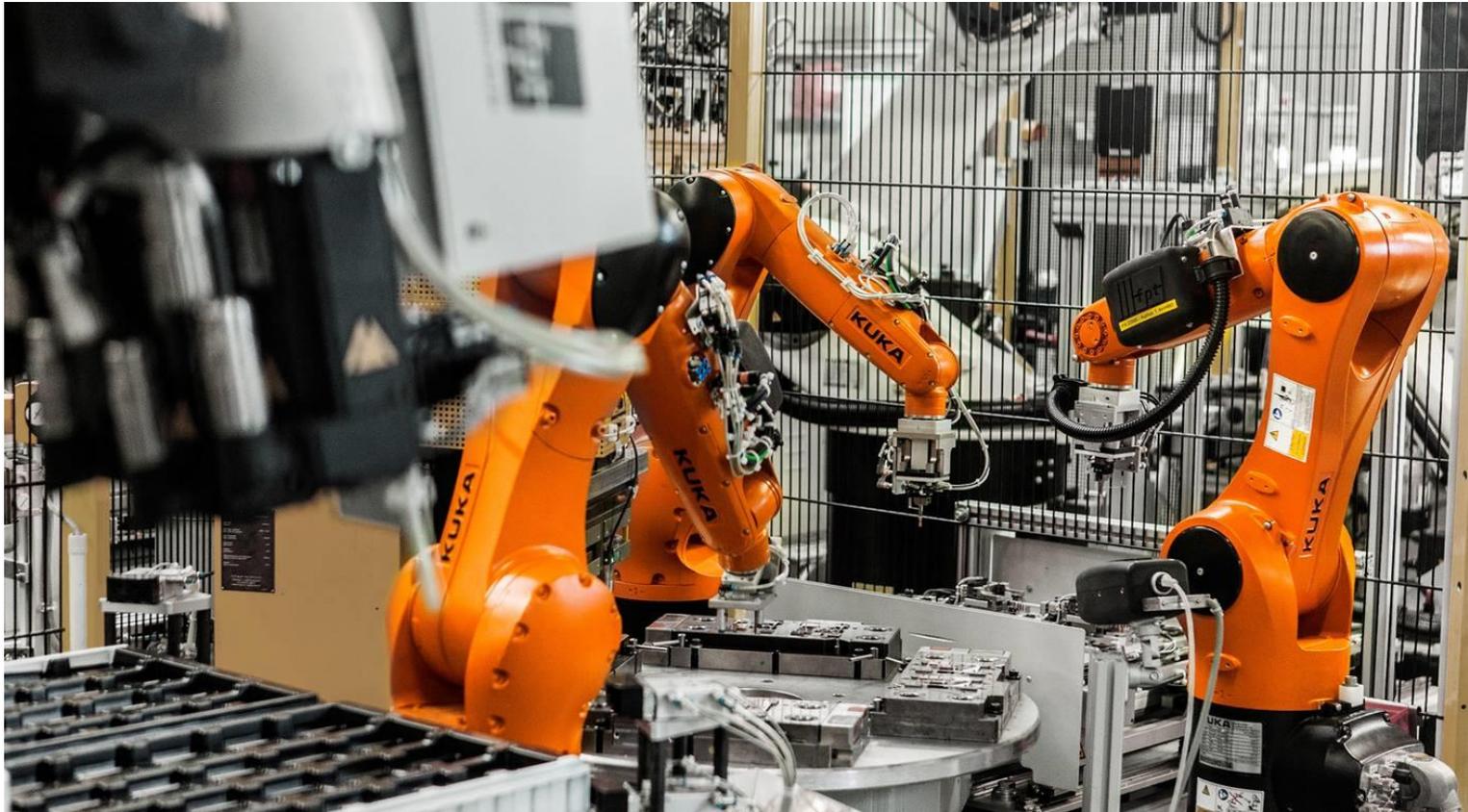
# Industrieroboter in der Smart Factory



Fertigungsroboter von Kuka

Zeitkritische Kommunikation bei Übergabe eines Werkstücks.

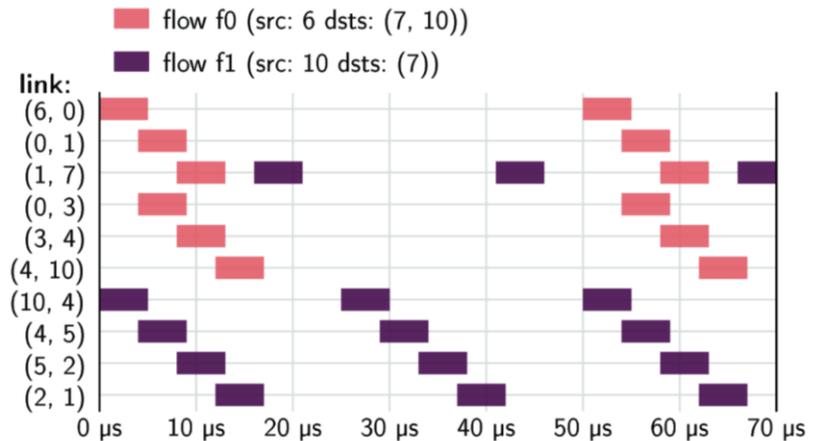
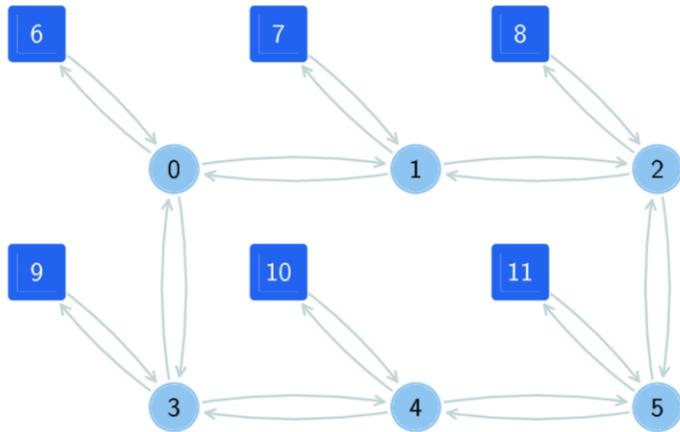
# Rekonfigurierbare Produktionszelle



Fertigungsroboter von Kuka

**Flexible Kommunikation** bei Aufgabenänderung.

# Geplante Echtzeitkommunikation



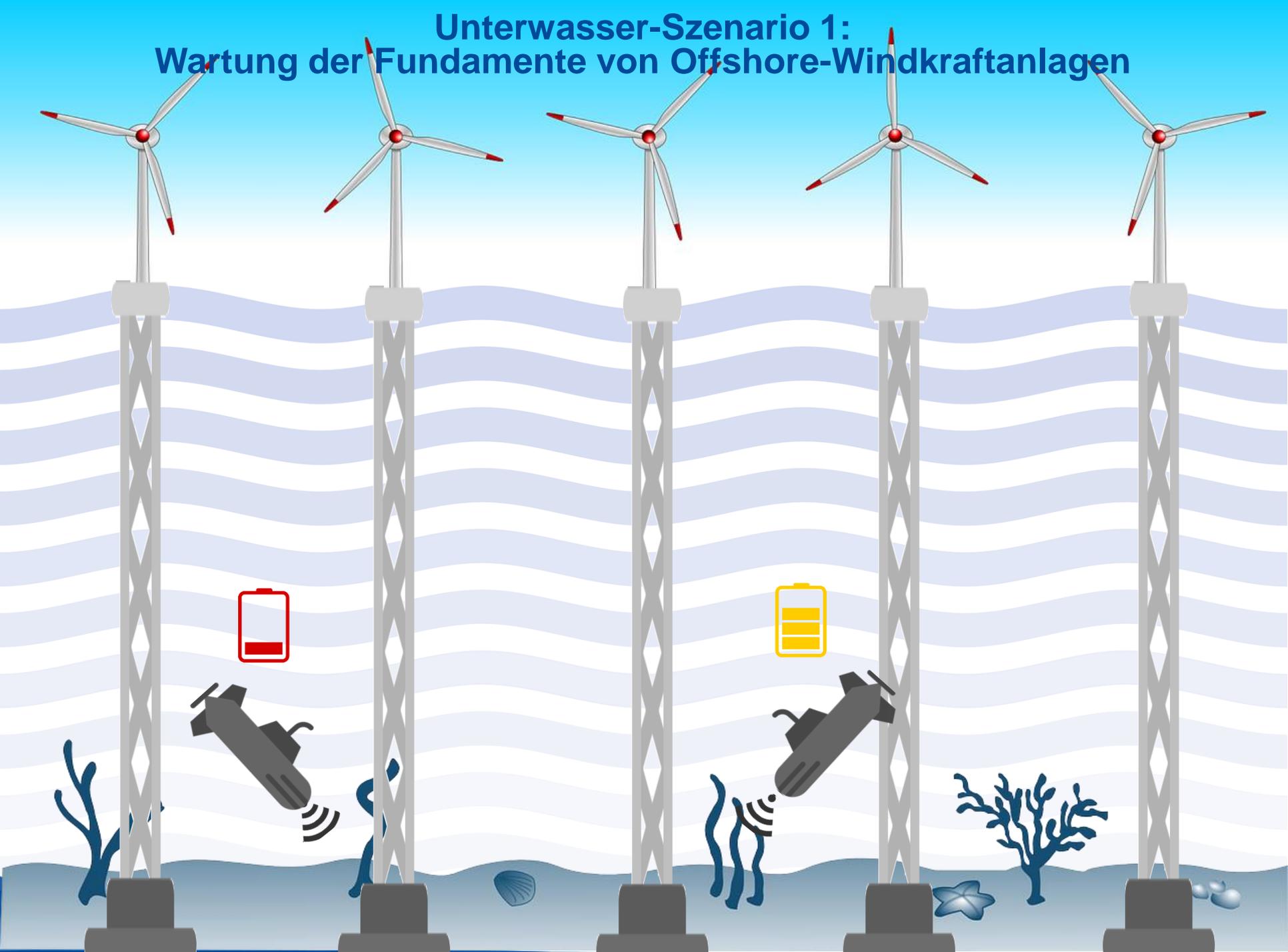
## > Streams

- > Von Knoten 6 zu Knoten 7 und 10 (multicast)
- > Von Knoten 10 zu Knoten 7

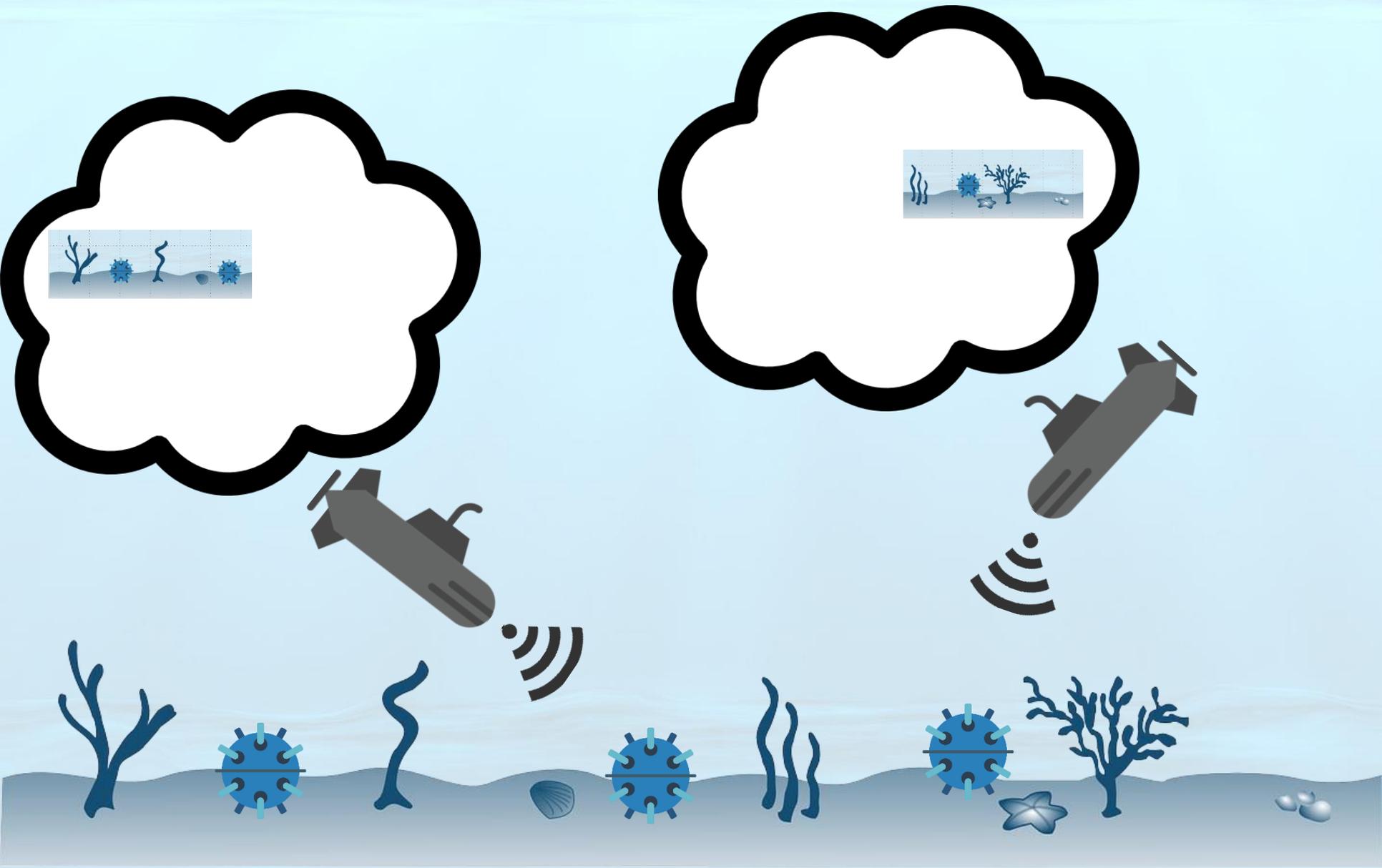
## > Ablaufplan (engl. Schedule)

- > Bestimmt wann welches Paket über welchen Link gesendet wird
- > Stets ohne Konflikte → nachweisbar korrekt
- > Anpassung bei Änderungen des Kommunikationsmusters
- > Zusätzlicher, weniger wichtiger Datenverkehr möglich

# Unterwasser-Szenario 1: Wartung der Fundamente von Offshore-Windkraftanlagen



# Unterwasser-Szenario 2: Räumung von Altlasten aus dem 2. Weltkrieg (Blindgänger, Unexploded Ordnance - UXO)



# Projekte und Kooperationen

- > Echtzeitfähige Publish/Subscribe-Kommunikation
  - > Teil eines DFG-Projektes (VHR, AVA und IMD)
  - > Planung flexibler Kommunikationsmuster und Reservierung notwendiger Zeitslots auf den Kommunikationsverbindungen
  - > Abschätzung der Worst-Case-Laufzeit einer Publikation und deren (ggf. inhaltsbasierter) Filterung und Auslieferung
  - > Einsatzgebiet in der Smart Factory
- > Autonome Unterwasserfahrzeuge (AUVs)
  - > Zusammenarbeit mit dem Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen, Abteilung Resilienz maritimer Systeme, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Bremerhaven
  - > Kooperative Navigation mehrerer AUVs
  - > Begrenzte Energie limitiert Sensoren und Bewegung
  - > Opportunistische Kommunikation durch Akustikmodems

# Aufgaben: Echtzeit-Publish/Subscribe

- > Simulationsmodelle für Echtzeitkommunikation (TSN-Standards)
  - > TSN-Konfiguration (IEEE 802.1Qcc)
  - > Zeitsynchronisierung (IEEE 802.1AS)
  - > Gesteuerte Zeitplanung (IEEE 802.1Qch)
  - > Zuverlässige Kommunikation (IEEE 802.1Qca, IEEE 802.1Qci)
- > TSN-Controller (CUC und CNC)
  - > Implementierung der TSN-Konfiguration (IEEE 802.1Qcc)
  - > Nutzung des Ryu-Frameworks für SDN-Controller
  - > Integration einer trivialen Planung
- > Entwicklungs- und Testplattform für Prototypen
  - > Skripte zur Konfiguration von TSN-Switches
  - > Generatoren für Testdaten
  - > Managementwerkzeuge jedweder Art

# Aufgaben: Geplante Echtzeitkommunikation

- > Ganzzahlige Lineare Optimierung (ILP)
  - > Einarbeitung in formale Modellierung von ILP-Problemen
  - > Einarbeitung in Programmierung von ILP-Solver (→ Python)
- > Portierung eines gegebenen ILP-Modells von Gurobi nach CPLEX und PuLP
  - > Dokumentation notwendiger Portierungsschritte
  - > Evaluation der Komplexität und Laufzeit
- > **ILP-Modelle zur Migration von Flows/Streams**
  - > Entwicklung neuer Modelle zur Neuplanung von Teilen eines bestehenden Kommunikationsplans
  - > Migration von Flows/Stream auf andere Zeit-Slots und/oder neue Netzwerkpfade

# Aufgaben: Autonome Unterwasserfahrzeuge

- > Kooperative Navigation mehrerer AUVs
  - > Implementierung von Bewegungsmodellen
  - > Implementierung von Lokalisierungsalgorithmen
- > Energieverbrauch durch aktivierte Sensoren und Bewegung
  - > Implementierung von Energieverbrauchsmodellen für Sensorik und Bewegung
  - > Implementierung von Energieverbrauchsmodellen für Bildverarbeitungsalgorithmen
- > Opportunistische Kommunikation durch Akustikmodems
  - > Implementierung realistischer Unterwasserkommunikation
- > Implementierung in Simulator OMNet++ in C++
  - > Python zur Auswertung der Simulationsergebnisse

# Organisatorisches

- > Bis zu drei Teams
  - > Team A: Echtzeit-Publish/Subscribe  
(wahrscheinlich feingliedrigere Aufgabenaufteilung)
  - > Team B: Geplante Echtzeitkommunikation (ILP)  
(nur dienstags 9-11 Uhr)
  - > Team C: Autonome Unterwasserfahrzeuge  
(nur kleines Team)
- > Entwicklungsmethodik
  - > Agile Entwicklung
  - > Drei Meilensteine bzgl. Entwurf, Implementierung, Bericht

Art und Umfang der Aufgaben nach Anzahl  
und Interessen der Teilnehmer!

# Anmeldung und Kontakt

## > Eintrag in die richtige Stud.IP-Veranstaltung

1.  23850 (Vorlesung) KSWs: Verteiltes Hochleistungsrechnen
2.  23848 (Vorlesung) Neueste Entwicklungen der Informatik (Verteiltes Hochleistungsrechnen)
3.  23851 (Projekt) Projekt: Verteiltes Hochleistungsrechnen

## > Fragen an Peter Danielis und Helge Parzyjegla per E-Mail

- > [peter.danielis@uni-rostock.de](mailto:peter.danielis@uni-rostock.de)
- > [helge.parzyjegla@uni-rostock.de](mailto:helge.parzyjegla@uni-rostock.de)